

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08064910 A**

(43) Date of publication of application: **08.03.96**

(51) Int. Cl.

H01S 3/18
H01L 33/00

(21) Application number: **06198336**

(22) Date of filing: **23.08.94**

(71) Applicant: **SANYO ELECTRIC CO LTD**

(72) Inventor: **YAGI KATSUMI**
KANO TAKASHI

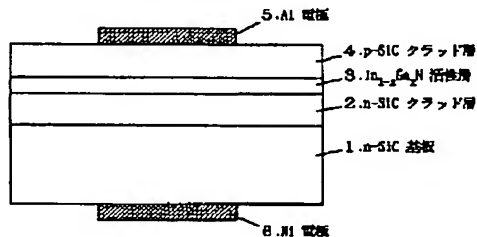
(54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a semiconductor light emitting element in which the generation of dislocation is prevented.

CONSTITUTION: An n-SiC clad layer 2, an $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ active layer 3, and a p-SiC clad layer 4 are formed on an n-SiC substrate 1 successively. As a material for the n-SiC substrate 1, 2H-SiC, 4H-SiC, or 6H-SiC is used. The Ga composition X in the $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ active layer 3 is so set that the band gap of the $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ active layer may be smaller than those of the n-SiC clad layer and the p-SiC clad layer.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-64910

(43) 公開日 平成8年(1996)3月8日

(51) Int. Cl. ⁶

H01S 3/18

H01L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全6頁)

(21) 出願番号 特願平6-198336

(22) 出願日 平成6年(1994)8月23日

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 八木 克己

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(72) 発明者 狩野 隆司

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

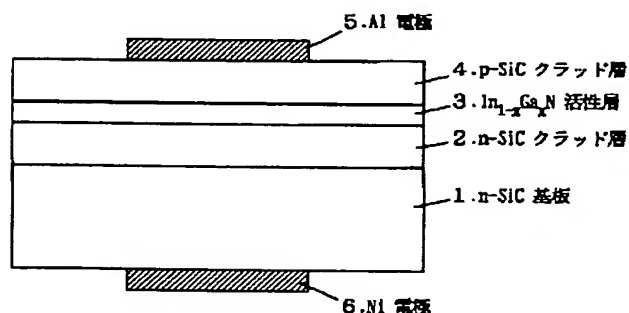
(74) 代理人 弁理士 福島 祥人

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【要約】

【目的】 転位の発生が防止された半導体発光素子を提供することである。

【構成】 n-SiC基板1上に、n-SiCクラッド層2、In_{1-x}Ga_xN活性層3およびp-SiCクラッド層4が順に形成される。n-SiC基板1の材料としては、2H-SiC、4H-SiCまたは6H-SiCを用いる。In_{1-x}Ga_xN活性層3におけるGa組成Xは、In_{1-x}Ga_xN活性層13のバンドギャップがn-SiCクラッド層12およびp-SiCクラッド層14のバンドギャップよりも小さくなるように設定される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 SiC 基板上に SiC からなる第 1 のクラッド層、InGa_N からなる活性層および SiC からなる第 2 のクラッド層が順に形成されたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】 前記活性層は、In 組成の小さい複数の InGa_N 層と In 組成の大きい 1 以上の InGa_N 層とが交互に積層された多層膜からなることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 直接遷移型のバンド構造を有する ZnSe や GaN は、青色あるいは紫色の光を発する半導体レーザ装置、発光ダイオード等の半導体発光素子の材料として有望である。しかしながら、ZnSe や GaN からなる基板が存在しないため、このような半導体発光素子を形成する際には他の材料からなる基板を用いる必要が 20 がある。

【0003】 図 6 は従来の ZnSe 系半導体レーザ装置の構造を示す断面図である。図 6 の半導体レーザ装置は M. A. Haase et al., Appl. Phys. Lett. 59 (11), 9 September 1991, pp. 1272-1273 に開示されている。

【0004】 図 6 において、n-GaAs 基板 21 上に、n'-ZnSe コンタクト層 22、n-ZnSSe クラッド層 23、CdZnSe/ZnSe 量子井戸活性層 24、p-ZnSSe クラッド層 25、p'-ZnSe コンタクト層 26 およびポリイミド層 27 が順に形成されている。ポリイミド層 27 の中央部にはストライブ 30

状の開孔部が形成されている。ポリイミド層 27 の上面および p'-ZnSe コンタクト層 26 の中央部の上面には Au 電極 28 が形成され、n-GaAs 基板 21 の下面には In 電極 29 が形成されている。

【0005】 このように、図 6 の半導体レーザ装置は、CdZnSe/ZnSe 量子井戸活性層 24 を n-ZnSSe クラッド層 23 および p-ZnSSe クラッド層 25 で挟んだダブルヘテロ構造の pn 接合を有する。

【0006】 一方、図 7 は従来の GaN 系発光ダイオードの構造を示す断面図である。図 7 の発光ダイオードは日経マイクロデバイス 1994 年 2 月号の第 92 頁～第 93 頁に開示されている。

【0007】 図 7 において、サファイア (Al₂O₃) 基板 31 上に、GaN バッファ層 32、n-GaN 層 33、n-AlGa_N クラッド層 34、InGa_N 活性層 35、p-AlGa_N クラッド層 36 および p-GaN 層 37 が順に形成されている。n-GaN 層 33 の上部領域および n-AlGa_N クラッド層 34 から p-GaN 層 37 までの幅は、サファイア基板 31 から n-GaN 層 33 の下部領域までの幅よりも狭く形成されている。p-GaN 層 37 の上面に正電極 38 が形成され、n-GaN 層 33 の上面に負電極 39 が形成されている。

【0008】 図 7 の発光ダイオードは、InGa_N 活性層 35 を n-AlGa_N クラッド層 34 および p-AlGa_N クラッド層 36 で挟んだダブルヘテロ構造の pn 接合を有し、青色の光を効率良く発生することができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 表 1 に各種材料の格子定数および熱膨張係数を示す。

【0010】

【表 1】

	ZnSe	GaAs	GaN	サファイア	SiC
格子定数 [Å]	5.67	5.66	3.16	4.76	3.07
熱膨張係数 [10 ⁻⁶ /K]	—	5.7	5.59	7.5	4~5

【0011】 表 1 から明らかなように、GaAs の格子定数は ZnSe の格子定数に近くなっているが、GaN、サファイアおよび SiC の格子定数は互いに異なっている。

【0012】 図 6 の ZnSe 系半導体レーザ装置では、ZnSe に近い格子定数を有する GaAs 基板を用いており、クラッド層の材料として ZnSSe 混晶を用いている。この半導体レーザ装置においては、ある温度、例えば成長温度で ZnSSe 混晶を用いると格子整合がとれるが、他の温度、例えば室温にすると格子整合がとれず、転位が発生してしまうという問題がある。

【0013】 一方、図 7 の GaN 系発光ダイオードでは、表 1 から明らかなように、GaN の格子定数がサファイアの格子定数と大きく異なっているため、サファイア上に成長した GaN に転位が発生する。

【0014】 これらの結果、上記の従来の半導体レーザ装置および発光ダイオードに通電すると、転位が増大し、素子寿命が短くなるという問題があった。本発明の目的は、転位の発生が防止された半導体発光素子を提供することである。

【0015】

50 【課題を解決するための手段】 本発明に係る半導体発光

素子は、SiC基板上にSiCからなる第1のクラッド層、InGaNからなる活性層およびSiCからなる第2のクラッド層が順に形成されたものである。

【0016】活性層は、In組成の小さい複数のInGaN層とIn組成の大きい1以上のInGaN層とが交互に積層された多層膜により構成されてもよい。

【0017】

【作用】本発明に係る半導体発光素子においては、SiC基板上にSiCからなる第1のクラッド層が形成されているので、格子定数および熱膨張係数が互いに一致している。したがって、比較的膜厚の厚いクラッド層が基板に対して広い温度範囲で格子整合しているため、クラッド層に転位が発生しない。

【0018】また、活性層が直接遷移型のバンド構造を有するInGaNにより形成されているので、青色あるいは紫色の光を効率良く発することができる。活性層の膜厚はクラッド層の膜厚に比べて薄くてよいので、活性層の格子定数がクラッド層の格子定数と異なっても、格子が歪むだけで活性層での転位の発生が防止される。

【0019】特に、In組成の小さいInGaN層はSiCに近い格子定数を有し、In組成の大きいInGaN層はSiCに比べて小さいバンドギャップを有する。したがって、活性層をIn組成の小さいInGaN層およびIn組成の大きいInGaN層の多層膜で構成すれば、In組成の小さいInGaN層によりクラッド層と

の格子整合をとり、かつIn組成の大きいInGaN層によりクラッド層とのバンドギャップの差を大きくすることができる。それにより、転位の発生を防止しつつ、光の閉じ込めを良くするために活性層の膜厚を厚くすることができる。

【0020】

【実施例】図1は本発明の第1の実施例による発光ダイオードの構造を示す断面図である。

【0021】図1において、n-SiC基板1上に、n-SiCクラッド層2、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ ($0 < x < 1$) 活性層3およびp-SiCクラッド層4が順に形成されている。p-SiCクラッド層4の上面の中央部にAl電極5が形成され、n-SiC基板1の下面の中央部にNi電極6が形成されている。

【0022】このように、図1の発光ダイオードは、直接遷移型の $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ 活性層3を活性層3よりバンドギャップが大きくかつ屈折率の小さいn-SiCクラッド層2およびp-SiCクラッド層4で挟んだダブルヘテロ構造のpn接合を有している。

【0023】表2に各種材料のバンドギャップ、線熱膨張係数、格子定数および格子不整合を示す。格子不整合は、GaNに対する格子定数のずれの割合(%)を示している。

【0024】

【表2】

	SiC					GaN	InN	AlN	Al ₂ O ₃
	3C	6H	4H	15R	2H				
バンドギャップ Eg[eV]	2.3	2.9	3.2	2.9	3.3	3.4	2.1	6.2	
線熱膨張係数 [10 ⁻⁶ K ⁻¹]	4.2~5.4					5.59	~3.0	4.2	7.3~7.5
格子定数 a [Å]	4.359	3.08	3.08	12.69	3.08	3.16	3.54	3.11	4.76
格子不整合	—	2.6	2.6	—	2.6	—	10.9	2.4	16

【0025】本実施例では、特にn-SiC基板1、n-SiCクラッド層2およびp-SiCクラッド層4の材料として、2.9 eVのバンドギャップを有する6H-SiC、3.2 eVのバンドギャップを有する4H-SiCまたは3.3 eVのバンドギャップを有する2H-SiCを用いる。表2から明らかなように、6H-SiC、4H-SiCおよび2H-SiCの格子定数はいずれも3.08 Åであり、GaNの格子定数3.16 Åに近く、格子不整合が2.6%と小さくなっている。

【0026】図2に $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ におけるGa組成

xとバンドギャップとの関係を示す。図2から明らかなように、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ のバンドギャップはGa組成xが0から1.0まで増加するにしたがって2.0 eVから3.4 eVまで変化する。

【0027】n-SiCクラッド層2およびp-SiCクラッド層4の材料として2H-SiCを用いた場合には、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ のバンドギャップが3.3よりも小さくなるように、Ga組成xを0.9よりも小さく設定する。また、4H-SiCを用いた場合には、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ のバンドギャップが3.2 eVよりも小さ

くなるようにGa組成xを0.9以下に設定し、6H-SiCを用いた場合には、In_{1-x}Ga_xNのバンドギャップが2.9eVよりも小さくなるようにGa組成xを0.7以下に設定する。

【0028】表3にn-SiCクラッド層2およびp-

SiCクラッド層4の成膜条件およびIn_{1-x}Ga_xN活性層3の成膜条件を示す。

【0029】

【表3】

	SiCクラッド層	In _{1-x} Ga _x N活性層
成長方法	CVD法	CVD法
原料ガス	SiH ₄ , C ₂ H ₂ , CH ₄	TMG, TMI, TMA NH ₃
基板温度	1500℃以下	750~850℃
ドーパント	N (n型: N ₂ , NH ₃) Al (p型: TMA)	Si (n型: SiH ₄) Mg, Zn, Cd (p型: Cp, Mg, DEZ)

【0030】表3に示すように、n-SiCクラッド層2およびp-SiCクラッド層4の成膜には、CVD (化学的気相成長) 法を用い、原料ガスとしてSiH₄、C₂H₂、CH₄ およびH₂ を用いて基板温度を1500℃以下に設定する。n-SiCクラッド層2の成膜の際には、N₂ およびNH₃ を用いてn型不純物としてNをドーパする。p-SiCクラッド層4の成膜の際には、TMA [トリメチルアルミニウム; (CH₃)₃Al] を用いてp型不純物としてAlをドーパする。

【0031】In_{1-x}Ga_xN活性層3の成膜には、CVD法を用い、原料ガスとしてTMG [トリメチルガリウム (CH₃)₃Ga]、TMI [トリメチルインジウム (CH₃)₃In]、TMA、NH₃、N₂ およびH₂ を用い、基板温度を750~850℃に設定する。また、SiH₄ を用いてn型不純物としてSiをドーパしてもよく、Cp, Mg [ビス (シクロペンタジエニル) マグネシウム; Mg (C₅H₅)₂]、DEZ [ジエチルジンク; (C₂H₅)₂Zn] 等を用いてp型不純物としてMg、Zn、Cd等をドーパしてもよい。

【0032】図1の発光ダイオードにおいては、1μm以上の膜厚を有するクラッド層2、4がn-SiC基板1と同じSiCにより形成されるので、広い温度範囲で格子整合がとれ、転位が発生しない。また、In_{1-x}Ga_xN活性層3の膜厚は数百Å (例えば500Å) 程度に設定されるので、In_{1-x}Ga_xNの格子定数がn-SiC基板1の格子定数に一致していなくても、歪みを吸収する。したがって、転位の発生が防止される。

【0033】このように、図1の発光ダイオードにおいては、広い温度範囲でn-SiCクラッド層2、In_{1-x}Ga_xN活性層3およびp-SiCクラッド層4に転位が発生せず、n-SiC基板1上に高品質な結晶層が得られるため、発光効率が高く、かつ信頼性が高い。

20

【0034】特に、n-SiCクラッド層2およびp-SiCクラッド層4として4H-SiCを用いた場合には、バンドギャップが約3.2eVであるので、In_{1-x}Ga_xN活性層3は約3eV (波長で415nm付近) までの短波長光を効率良く発生する。

【0035】図3は本発明の第2の実施例による半導体レーザ装置の構造を示す断面図である。図3において、n-SiC基板11上に、n-SiCクラッド層12、In_{1-x}Ga_xN活性層13、p-SiCクラッド層14、およびSiO₂、SiN等の絶縁層15が順に形成されている。絶縁層15の中央部にはストライプ状の開口部が形成されている。絶縁層15の上面およびp-SiCクラッド層14の中央部の上面にAl電極16が形成され、n-SiC基板11の下面にNi電極17が形成されている。

【0036】n-SiC基板11の材料およびIn_{1-x}Ga_xN活性層13のGa組成xは、第1の実施例と同様に選択する。n-SiCクラッド層12およびp-SiCクラッド層14は光の閉じ込めのためにそれぞれ1μm程度の膜厚を有し、In_{1-x}Ga_xN活性層13は数百Å (例えば500Å) 程度の膜厚を有する。

40

【0037】このように、図3の半導体レーザ装置においても、膜厚の薄い活性層を挟む膜厚の厚いクラッド層12、14がn-SiC基板11と同じSiCにより形成されているので、広い温度範囲で格子整合がとれ、転位の発生が防止される。それにより、n-SiC基板11上に高品質な結晶層が得られるため、発光効率が高く、かつ信頼性が高い。

【0038】図4は本発明の第3の実施例による半導体レーザ装置の構造を示す断面図である。図4の半導体レーザ装置においては、図3の半導体レーザ装置におけるIn_{1-x}Ga_xN活性層13の代わりに多層膜活性層

50

(量子井戸構造層) 18が設けられている。多層膜活性層18は、図5に示すように、3つの $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 層18aおよび2つの $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ 層18bが交互に積層されてなる。各 $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 層18aは100Åの膜厚を有し、各 $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ 層18bは80Åの膜厚を有する。

【0039】 In 組成 $(1-x)$ の小さい $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 層18aは SiC に近い格子定数を有する。また、図2から明らかなように、 In 組成 $(1-x)$ の大きい $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ 層18bは SiC に比べて小さいバンドギャップを有する。したがって、 $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 層18aにより $n\text{-SiC}$ クラッド層12および $p\text{-SiC}$ クラッド層14に対して格子整合がとられる。また、 $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ 層18bにより $n\text{-SiC}$ クラッド層12および $p\text{-SiC}$ クラッド層14とのバンドギャップの差を大きくすることができる。それにより、転位の発生を防止しつつ、 $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 活性層3の膜厚を厚くして光の閉じ込めを良くすることができる。

【0040】このように、図4の半導体レーザ装置においても、広い温度範囲で転位の発生が防止され、 $n\text{-SiC}$ 基板11上に高品質な結晶層が得られるので、発光効率が高く、かつ信頼性が高く、しかも光の閉じ込めが良好となる。

【0041】上記実施例では、結晶の面方位が傾斜していない SiC 基板を用いているが、結晶の面方位が低指数面から 10° 以下に傾けられた基板を用いてもよい。また、上記実施例のように、 SiC 基板、 $n\text{-SiC}$ クラッド層および $p\text{-SiC}$ クラッド層を同じ結晶多系の SiC により形成する方が、格子定数が一致するので好ましいが、 SiC 基板、 $n\text{-SiC}$ クラッド層および $p\text{-SiC}$ クラッド層のいずれかまたは全てを異なる結晶多系の SiC により形成してもよい。ただし、 SiC 基板上のクラッド層はエピタキシャル成長により形成されるので、 SiC 基板とそれに接するクラッド層を同じ結晶多系の SiC により形成する方が製造上容易である。

【0042】さらに、上記実施例では、基板の側から

np 構造としているが、基板および各層を逆の導電型の層で形成し、基板の側から ppn 構造としてもよい。

【0043】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、 SiC 基板上に SiC からなる第1のクラッド層、 InGaN からなる活性層および SiC からなる第2のクラッド層を順に形成することにより、広い温度範囲で格子整合がとれるので、転位の発生が防止され、 SiC 基板上に高品質な結晶層が得られる。したがって、発光効率が高く、信頼性の高い半導体発光素子が得られる。

【0044】特に、活性層を In 組成の小さい InGaN 層と In 組成の大きい InGaN 層との多層膜で構成した場合には、光の閉じ込めを良くしつつ転位の発生を防止することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による発光ダイオードの構造を示す断面図である。

【図2】 $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ における Ga 組成 x とバンドギャップとの関係を示す図である。

【図3】本発明の第2の実施例による半導体レーザ装置の構造を示す断面図である。

【図4】本発明の第3の実施例による半導体レーザ装置の構造を示す断面図である。

【図5】図4の半導体レーザ装置における多層膜活性層の構造を示す図である。

【図6】従来の ZnSe 系半導体レーザ装置の構造を示す断面図である。

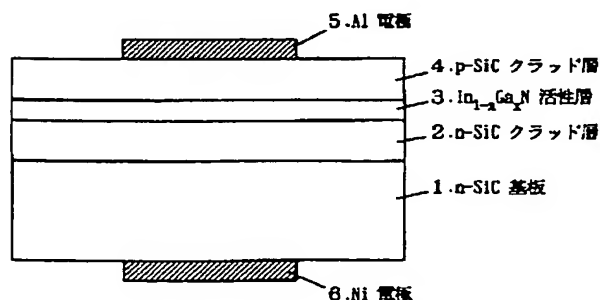
【図7】従来の GaN 系発光ダイオードの構造を示す断面図である。

【符号の説明】

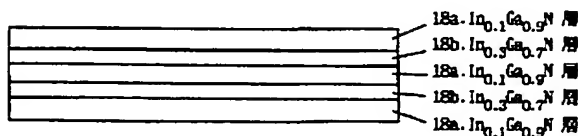
- 1, 11 $n\text{-SiC}$ 基板
- 2, 12 $n\text{-SiC}$ クラッド層
- 3, 13 $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 活性層
- 4, 14 $p\text{-SiC}$ クラッド層
- 18 多層膜活性層

なお、各図中同一符号は同一または相当部分を示す。

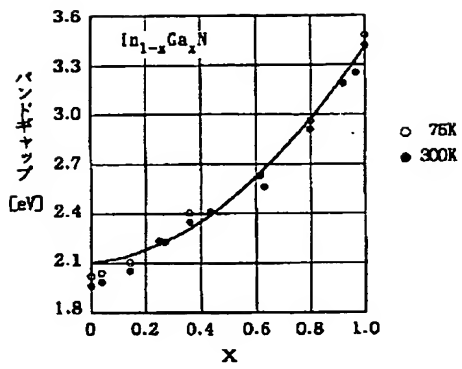
【図1】



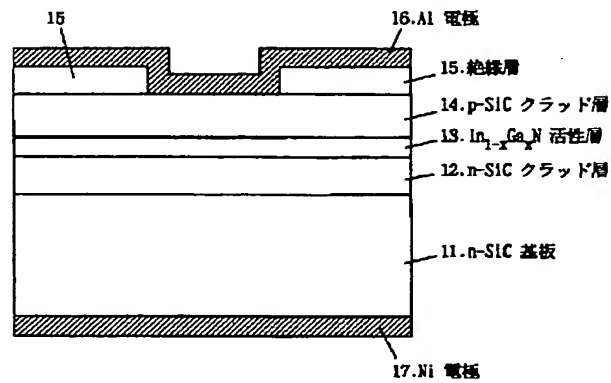
【図5】



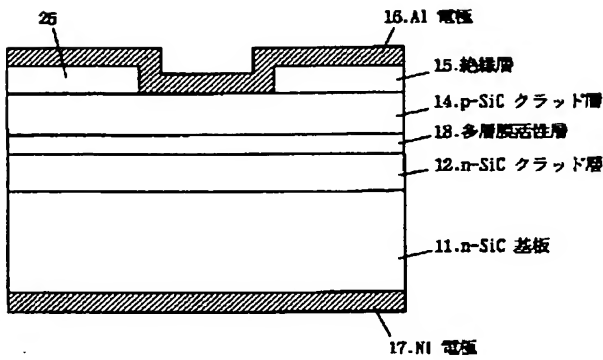
【図 2】



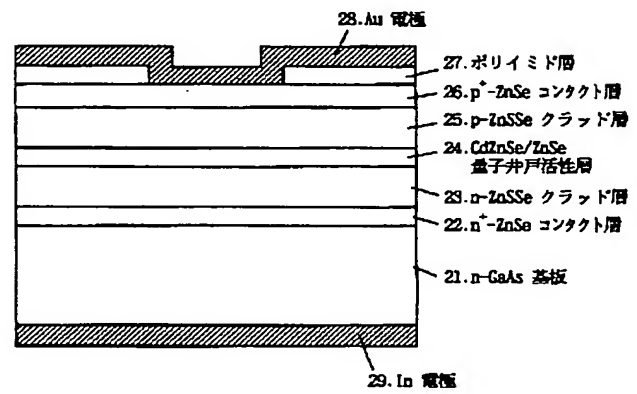
【図 3】



【図 4】



【図 6】



【図 7】

